

お肉を食べて元気になろう

# ヘルシーパートナー

More Healthy with Meat

36

## 食肉の多様性と未来

たゆまぬ研究開発で時代の変化に対応



公益財団法人 日本食肉消費総合センター

〒107-0052 東京都港区赤坂 6-13-16 アジミックビル5F  
ホームページ: <http://www.jmi.or.jp>

ご相談・お問い合わせ

e-mail: [consumer@jmi.or.jp](mailto:consumer@jmi.or.jp)

FAX: 03-3584-6865

資料請求: [info@jmi.or.jp](mailto:info@jmi.or.jp)

畜産情報ネットワーク: <http://www.lin.gr.jp>

令和4年度 国産畜産物安心確保等支援事業  
後援 **alic** 独立行政法人 農畜産業振興機構  
制作 株式会社 エディターハウス



## 限りなく本物に近い

### 肉の誕生は

### もはや夢物語ではありません

#### ミンチ肉ではなく、3次元の筋肉である「ステーキ肉」をつくりたい!

近い将来、食肉の供給不足が予測されており、「代替肉」のニーズが高まっています。植物の大豆やエンドウ豆からつくる「ミンチ肉」をはじめ、私が手がけている「培養肉」まで代替肉のカテゴリーに入ります。畜産に比べて環境負荷が小さく、食中毒や感染症のリスクも低減できます。

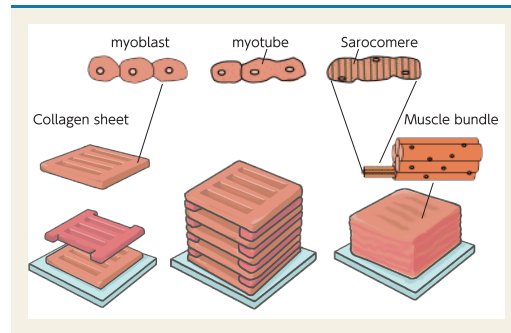
肉本来の味をつくろうと、本物の細胞から培養して肉をつくる「培養肉」の研究が行われており、すでにミンチ肉の培養肉バーガーも誕生しています。

ただ、私たちは従来のミンチ肉ではなくブロック肉——本物の肉に構造を近づけることで、おいしい培養肉がつかれるという仮説を立てました。イン・ビトロ(試験管内)でつくった筋組織でも筋収縮を起こすことができます。この研究を派生させて、牛のプライマリーな骨格筋を元に、それを大量に培養して3次元組織ができれば、ステーキ肉ができるのではないかと考えました。

#### 世界で初めてサイコロステーキ状の「培養肉」作製に成功!

そして、2019年3月22日、日清食品との共同研究で、牛の筋肉細胞を培養し、サイコロ状の組織をつくることに世界で初

図1 3次元組織をつくる



めて成功したのです。

どのようにつくるか、ごく簡単にご説明すると、細胞外マトリックス※の中

に、コラーゲンのゲルに筋芽細胞を混ぜ、それを微小な基盤でプレスすると筋肉のシートができます。これを大量につくり、縦方向にぐっと積層すると、厚みのある筋組織をつくることのできるのです(図1)。

実現したのはまだ1cm角ほどと、本当に小さいですが、肉本来の歯ごたえを持つ「培養ステーキ肉」の実用化への第一歩となります。5年後には100gのステーキ肉ができるような技術を目指して研究を進めています。脂肪組織も入れないと肉としてのおいしさが出ませんから、脂肪の3次元組織の開発も行っています。

もっと先には、肉の機能をいかに高めていくか。例えば高たんぱく低脂肪で、食べるだけで健康的な肉をどうつくっていくか。培養肉をつくることで水や温室効果ガスも減り、SDGs(持続可能な開発目標)に非常にマッチした生産技術だと考えています。

※細胞外マトリックス すべての組織・臓器中に存在する非細胞性の構成成分。

(東京大学大学院情報理工学系研究科教授 竹内昌治先生のお話より)

### いまだ発展途上の技術ゆえに 畜産分野への応用は 慎重を要します

#### 活発化するゲノム編集技術の応用

最近、ゲノム編集技術がつぎつぎに商品化されつつあります。日本での届出第1号は2020年12月、筑波大学が開発した血圧抑制に効果があるとされる「高GABAトマト」。21年9月には、京都大学と近畿大学が設立したバイオ企業が、ミオスタチンという筋肉量を抑制する遺伝子をノックアウトして肉厚のマダイを作出して国に届け出しています。同社はさらに10月に成長速度を速めたトラフグも国に届け出しています。

ゲノムというのは、それぞれの生物が持つ遺伝情報すべてをひっくるめて指す言葉で、DNA（デオキシリボ核酸）という化学物質からできています。DNAを構成する4種類の塩基の配列によって、個々の生物が特徴づけられているのです。

ゲノム編集は、外から新たに付け加えるのではなく、働きがわかっている遺伝子を狙って切断などして望ましいDNA配列に変える技術のことをいいます。

これに対して、大豆やとうもろこしに代表される遺伝子組み換えは、外から新たな遺伝子をゲノムに挿入する技術です。

#### 低アレルギー卵を産む鶏や筋肉隆々の牛や豚など畜産への応用も

畜産への応用としての研究も進んでいます。例えば、子ども

の食物アレルギーで最も多く、重篤になる割合が高い鶏卵ですが、広島大学を中心に、ゲノム編集技術を活用して、低アレルギー卵を産む鶏の開発が進められています。これ以外にも、ミオスタチンをノックアウトして、筋肉隆々の牛や豚をつくらうという動きもあります。

ゲノム編集技術は、将来的にはさまざまな動物に応用される可能性があります。ただ、規制については、国によってかなりまちまちです。日本も含め、南米や米国はどちらかというところと推進派。EUやニュージーランドは遺伝子組み換えと同じ扱いです。

私たちのグループは日本の消費者の意識調査も行っています（2018年3月）。「トマト」と「豚」の絵を提示して、「病気に強くする」、「味をよくする」、「栄養価を高める」、「サイズを1.2倍にする」、「サイズを1.5倍にする」というゲノム編集技術の応用に関して意見を求めました。結果は、「病気に強くする」は許容できるが、「サイズを大きくする」に対しては、反対意見が多くなる傾向が見られました。

トマトを示した時には、「人々の健康に役立つ」、「食料の安定供給に役立つ」というベネフィットについて同意の割合が高かったのですが、豚のイラストでは、「生命倫理上の問題を感じる」と「よく理解できず何となく怖さを感じる」に大きく反応することがわかりました。植物よりも動物に対して懸念を抱く人が多いということです。この新しい技術を畜産分野で生かすには、特に欧米で重視されている動物福祉的な観点も含め、慎重の上にも慎重でありたいと考えています。

（名古屋大学大学院環境学研究所教授 立川雅司先生のお話より）

### 3 食肉の安全性の確保

細菌やウイルスによる食中毒について  
正しく知り、とにかく生で食べない、  
火を通すことを徹底!

#### 様変わりしている食中毒の原因

食中毒の件数は劇的に減ってはいません。しかし、原因物質は大きく変わっています。今から40年ほど前の1980年ころは、1位が「腸炎ビブリオ」、2位が「ブドウ球菌」、3位が「サルモネラ属菌」でした。

それが、2020年の食中毒発生状況を見ると、事件数で1位は「アニサキス」という魚の寄生虫によるもの、2位が「カンピロバクター」という細菌によるもの、3位がRNAウイルスが引き起こす「ノロウイルス」の順でした。

患者数では1位が「その他の病原大腸菌」ですが、この年(2020年)、学校給食とお弁当による大規模食中毒が起きたことで患者数が多かったものです。2位が「ノロウイルス」、3位が「ウエルシュ菌」、4位が「カンピロバクター」、5位が「サルモネラ属菌」でした。

「ウエルシュ菌」、「カンピロバクター」、「サルモネラ属菌」は、動物の胃腸内に保有している菌なのです。

食中毒の内容が年々様変わりしていると思ってください。

#### 鶏に多いカンピロバクターは乾燥に弱く、加熱処理で死滅します

「カンピロバクター」食中毒は、国内の細菌性食中毒の中で、

発生件数が最も多く、年間300件、患者数2000人程度で推移しています。症状は下痢、腹痛、発熱などで、多くは1週間ほどで治癒し、死亡や重篤な例はまれな病気です。

「カンピロバクター」は鶏、牛、豚の糞便に高率に生息しています。牛はと畜場で肛門と食道を縛って、糞便や胃腸内容物から牛肉への污染がないように処理されています。豚は肛門をくり抜いて胃腸内容物からの豚肉への污染を少なくしています。牛肉と豚肉はカンピロバクターを含む細菌污染が少なくなっています。ただ、鶏肉はまだ多いと思います。

カンピロバクターはヒトや動物の腸管内でしか増殖しない、乾燥に弱い、通常の加熱調理で死滅する、といった特性を持っています。

サルモネラ属菌は日本の牛はあまり本菌を保有していません。豚の糞便の約5%、鶏では6割くらいの糞便からサルモネラが検出されます。サルモネラは卵の中への污染や鶏肉污染があります。原因食品の主は鶏卵と鶏肉ということになります。

消費者の方々には、今どのような食中毒が多いのか、なぜ加熱が必要なのか、この食材のリスクは何かという科学的な背景を知っていただきたいと思います。その上で、加熱をすれば、ウイルスも、細菌も、寄生虫も死滅します。

飲食店でよく「うちの食材は新鮮だから安全」というオーナーがいますが、これらのウイルス、細菌、寄生虫は新鮮な食材ほど元気に生きています。とにかく肉は生で食べないで、加熱してから食してください!

(麻布大学獣医学部獣医学科教授 森田幸雄先生のお話より)

## 4 COVID-19 パンデミックについて考える

パンデミック(世界流行)を起こした

COVID-19もインフルエンザも

人獣共通感染症です。人獣共通感染症は、まずその病原微生物の自然宿主を同定し、人への伝播経路を明らかにしなければ、これを克服することはできません。

### COVID-19の克服には世界各国の協力が不可欠

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) は、コウモリを自然宿主とするコロナウイルス (SARS-CoV-2) に感染した人に起こる人獣共通感染症です。人獣共通感染症は、その病因微生物が自然界の野生動物宿主との間で共生関係を確立して存続しているため、根絶することはできません。近年の地球人口増加、森林開発などの急激な地球環境の変化は野生動物の生態と行動範囲をかく乱し、人間社会との境界を崩してしまいました。今後とも新たなウイルスが、新興人獣共通感染症をいつ引き起こしても不思議ではありません。

COVID-19はもちろん、新たに出現する人獣共通感染症の克服には、病原微生物の自然宿主の同定と伝播経路の解明が必須です。感染症に国境はありません。世界が一丸となって調査、研究、開発と人材育成を推進し、初めて人獣共通感染症を克服することができるものと考えます。

### 開発が進むCOVID-19のワクチンと治療薬

COVID-19ワクチンは、メッセンジャーRNA ワクチン、DNA ワクチン、ベクターワクチン、リコンビナントSたんぱくワクチン、不活化ウイルス全粒子ワクチンなど260種類以上が開発中です。RNA ワクチンにはウイルス遺伝子の塩基配列がわかればすぐに製造できる利点がありますが、終点ではないと思います。

本来のワクチンの目的は、実際の感染に対すると同様の免疫を誘導することです。私は、自然感染に近い免疫を誘導する、不活化ウイルス全粒子ワクチンを推奨しています。不活化インフルエンザウイルス全粒子ワクチンの効果は、ウイルスをエーテルで壊した現行のスプリットワクチンよりはるかに高く、前臨床試験では10倍から50倍の自然免疫と獲得免疫をマウスとサルに誘導しました。I/II相の臨床試験で安全性が確認されています。

治療薬は、ウイルスごとに抗ウイルス薬が開発されています。ところで、ウイルスの感染、増殖に対する生体の反応が病気です。過剰な生体応答をコントロールできるような薬が理想的です。

病原性が高く、増殖能が高いウイルスの感染によって起こる病気の多くは、炎症性反応、血管障害です。具体的には血管内血液凝固や毛細血管機能崩壊、それによる多臓器不全で重症化する、あるいは亡くなる、そんな病理発生が共通の感染症がたくさんあります。1つの薬で病因が異なる感染症の治療ができるという意味で、私どもはこれをユニバーサル治療薬と称し、その開発を進めています。

(北海道大学人獣共通感染症国際共同研究所特別招聘教授・統括 喜田宏先生のお話より)

## 5 鳥インフルエンザの現状と対策

ヒト、家畜、希少鳥を鳥インフルエンザから守る最善の対策は、家禽の間でウイルスをコントロールすることです

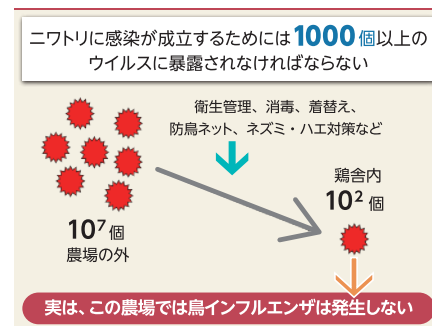
### 効果的な対策で持ち込みウイルスを100個以下に抑える

2020-2021年冬シーズンに猛威を振った鳥インフルエンザは、1996年に中国の養鶏場で出現した高病原性鳥インフルエンザウイルスが野鳥に漏れ出し、感染を拡大させた結果によるものです。中国や東南アジアの常在国でニワトリの封じ込め対策をきちんと取らなかった結果、ウイルスが渡り鳥たちに感染して長距離運ばれたのです。

防疫対策としては、国内にウイルスを持ち込ませないのが基本ですが、野鳥を介してウイルスが運ばれるので、その徹底ができないところに、近年の大発生の原因があります。また鳥に感染した際に潜伏期間が長いというのも最近の傾向で、死ぬまでに周りに多くのウイルスをまき散らしてしまいます。ウイルスの飛来や周囲の小動物の行動を管理するなど、できる限りの対策の継続が必要です。

ウイルスの感染に必要な量から効果的な方法を提案します。ニワトリが感染するには1000個以上のウイルスに暴露されなければなりません。もし農場の外に100万個のウイルスがまき散らされても、農場内のニワトリの呼吸器に入るウイルスが100個なら、農場では発生しません。地道な衛生対策の継続が大切です(図2)。

図2 効率的な対策で持ち込みウイルス数を抑える



### 大量のウイルスに暴露されれば結果として鳥-ヒト感染は発生

ヒトの肺には鳥型のインフルエンザウイルスに対するレセプターもあるので、大量のウイルスに暴露されれば、結果として鳥-ヒト感染は発生します。病原性の高くないウイルスの感染から、さらに高病原性にグレードアップしたH5、H7ウイルスでも感染しています。ただしヒト-ヒト感染まで行っていないのでパンデミックは起きていません。

2020-2021冬シーズンは、養鶏場での発生も大変でしたが、天然記念物であるオジロワシの鳥インフルエンザウイルス陽性死亡例も報告され、希少な鳥を守る方法についての議論も行われました。

ヒト、家畜、希少鳥を鳥インフルエンザウイルスから守る最も有効な対策は、家禽の間でウイルスをコントロールすることです。それができれば、渡り鳥がウイルスを持って運ぶこともなくなりますし、希少鳥が危険にさらされることもありません。さらに結果として鳥-ヒト感染もなくなるということを、継続して訴えていく必要があると思っています。

(北海道大学大学院獣医学研究院微生物学教室教授 迫田義博先生のお話より)

## 6 慢性腎臓病CKDとたんぱく質栄養

### CKD患者では たんぱく質とリンの 適切な摂取が重要です

#### CKDは患者数が成人8人に1人といわれる生活習慣病

CKD (chronic kidney disease = 慢性腎臓病) は、生活習慣病の1つとされています。発症の背景には肥満や運動不足、過度の飲酒、過食、喫煙、ストレスがあり、糖尿病、脂質異常症、高血圧、加齢につながります。患者数は、日本腎臓学会の推定では1330万人、成人の8人に1人といわれ、まさに国民病であり、その予防、早期発見、治療の啓発が急務です。

CKDに対する食事療法は、食塩やカリウムの制限は必要ですが、低たんぱく食が基本でした。しかし、たんぱく質を制限することは、低栄養に陥るリスクを伴い、サルコペニアやフレイルの原因にもなりかねません。適切なたんぱく質の制限とともに高リン血症を管理することが、CKDの治療には大切であることが、最近の研究でわかってきました。

#### エネルギーを確保し低たんぱく食で栄養状態を保持

たんぱく質の代謝をうまくコントロールできないと、PEW (Protein-energy wasting) という低栄養の病態が起こります。その背景にあるのが、CKDに伴うさまざまな病態です。透析による内分泌ホルモンの異常、糖尿病、食欲不振、貧血、炎症、酸化ストレス、体液異常、尿毒素の蓄積などの症状が続くと、異

表1 食品中のリン/たんぱく質比に着目した栄養指導

リン/たんぱく質比 (mg/g)				
<5	5~10	10~15	15~25	25<
卵白	鶏もも肉	まぐろ(赤身)	そば	ヨーグルト(無糖)
鶏ひき肉	鶏むね肉	かつお	木綿豆腐	牛乳
	鶏ささみ	鮭	魚肉ソーセージ	プロセスチーズ
	牛もも肉	納豆	ロースハム	
	牛肩ロース	油揚げ	ヨーグルト(加糖)	
	豚ロース	全卵		
	豚もも肉	ウインナー		
	中華めん	米飯		
	ハンバーグ	豆乳		

慢性腎臓病に対する食事療法基準 2014年版 日腎会誌 56:553-599, 2014

化が亢進し栄養不良を引き起こします。そういった複合的な病態がPEWです。

このような状態が続くと、さらに筋肉量の低下が進み、動脈硬化、心疾患、感染症などのリスクが高まります。そのため、CKDで低たんぱく質食を取り入れる時は適切なエネルギー摂取を維持することが極めて重要で、アミノ酸スコアを上げる食事が必要となります。

透析患者のたんぱく質・リンの栄養管理では、リンを減らすことに重点が置かれています。日本腎臓学会では食品中のリンとたんぱく質比に着目して栄養指導の基準を示しています。例えば乳製品はたんぱく質に対してリンの割合が非常に多い。一方卵白や鶏のひき肉は割合が低いので、そのような食品を推奨しています。また、リン・たんぱく質比が高くても実際にあまりリンが吸収されないという食品もあります(表1)。

(徳島大学大学院医歯薬学研究所 臨床食管理学分野教授 竹谷豊先生のお話より)

食肉の未来を見据えた技術開発が、猛スピードで進展しています。すでに実用化されているミンチ状の「培養肉」や、「ゲノム編集技術」で付加価値をつけた牛や豚の誕生も目前。新たな食文化として受け入れられるのか、今号では研究の最前線を中心にお伝えします。

竹内昌治先生は、筋肉を培養細胞でつくる「培養肉」技術の第一人者。1cm角の牛の立体筋組織をつくることに世界で初めて成功したのです。「何とんでもミンチ肉よりステーキ肉です。5年後には100gの（培養ステーキ肉）の実現を目指しています」と意気軒高です。

働きがわかっている遺伝子を狙って切断などし、望ましいDNA配列に変える「ゲノム編集技術」。これを応用して、低アレルギー卵を産む鶏の開発などが進行中です。立川雅司先生は「遺伝子組み換え技術との違いも解決していませんし、畜産分野への応用には慎重の上にも慎重でありたいと考えています」。

カンピロバクター、ノロウイルス、サルモネラ属菌などによる食中毒事例は後を絶ちません。森田幸雄先生は「今のような食中毒が多いのか、食材のリスクについて科学的な背景を知ることが大切。とにかく肉は生で食べない。加熱してから食ってください」。

「COVID-19は、コウモリを自然宿主とするコロナウイルスに感染した人に起こる人獣共通感染症です」と喜田宏先生。「ウイルスの感染、増殖に対する生体の反応が病気です。過剰な生体応答をコントロールできる薬が理想的。1つの薬で病因が異なる感染症の治療ができるユニバーサル治療薬の開発を進めています」。

コロナ禍で見落としがちですが、高い病原性でニワトリがバタバタと死ぬ高病原性鳥インフルエンザは、2020~2021年にかけて大発生しました。「ヒト、家畜を鳥インフルエンザから守る最善の対策は、家禽の間でウイルスを制御すること」と迫田義博先生。

これまで低たんぱく食を基本としていたCKD（慢性腎臓病）に対する食事療法は、低栄養に陥るリスクを伴い、サルコペニアやフレイルの原因にもなりかねません。竹谷豊先生は「適切なたんぱく質の制限とともに、高リン血症を管理することが大切です」。

片や新型コロナウイルスの新たな変異株が世界的に拡大しつつある現状。片や最先端テクノロジーで牛肉や豚肉も意のままにつくり出せる近未来。いずれも安全・安心が基本です。食肉をはじめ、栄養バランスを意識した食生活で強い免疫力をつけることが、変化の時代に対応できる底力になるのかもしれない。

公益財団法人日本食肉消費総合センターからのお知らせ

## 食肉の安全・安心に関する最新情報を提供

◆  
当財団は、食肉に関する知識不足と誤解によって食肉消費が阻害されることが懸念される中で、昭和57年3月18日に設立（平成25年4月1日より公益財団法人に移行）されました。

以後、食肉に関する知識・情報の提供、食肉消費の増進、食肉生産・流通および消費に関する調査研究を行ってまいりました。

平成30年9月に26年ぶりに発生した豚熱は続発しており、鳥インフルエンザも令和3年から4年のシーズンには25例が確認されました。発生に伴うその殺処分の報道なども加わって、消費者の方々は、食肉の安全・安心に高い関心を示されています。

当財団は、平成20年度から、「食肉学術フォーラム委員会」を開催し、国産食肉の安全・安心にかかわるテーマについて、医学、栄養学、獣医・畜産学などの分野の専門家による検討・協議を行ってまいりました。その検討・協議の成果を毎年、冊子、リーフレット作成など出版物に取りまとめ、関係機関、関係団体に配布して、活用いただいているところです。

今後とも、食肉業界の発展と国民食生活の向上、そして、食肉に対する不安感の払拭に貢献するため、フォーラム委員会の活動の充実に努めてまいります。

〈本リーフレットは、令和3年7月30日および10月4日に開催された「食肉学術フォーラム委員会」の講演をもとに作成されました〉



食肉学術フォーラム委員会の模様